Bloque III: El nivel de transporte

Tema 5: UDP y TCP

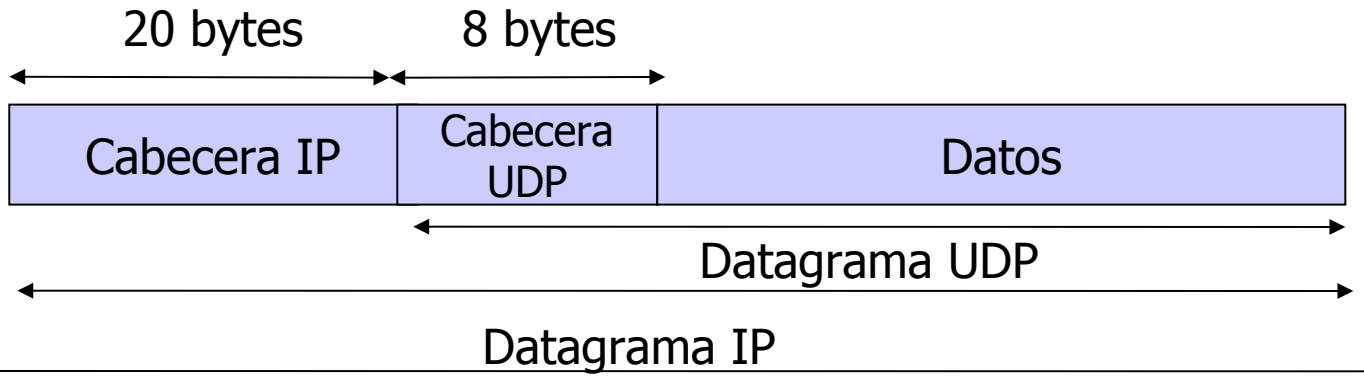
Índice

- Bloque III: El nivel de transporte
  - Tema 5: UDP y TCP
    - UDP
      - Cabecera UDP
    - TCP
      - Cabecera TCP
      - Conexiones TCP
      - Estados TCP
      - Segmentos de Reset

- **Lecturas recomendadas:**
  - Capítulo 3, secciones 3.1, 3.2, 3.3, 3.5.1, 3.5.2 y 3.5.6, de "Redes de Computadores: Un enfoque descendente". James F. Kurose, Keith W. Ross. Addison Wesley.
  - Capítulo 13 de "TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols", W. Richard Stevens, Addison Wesley.

UDP

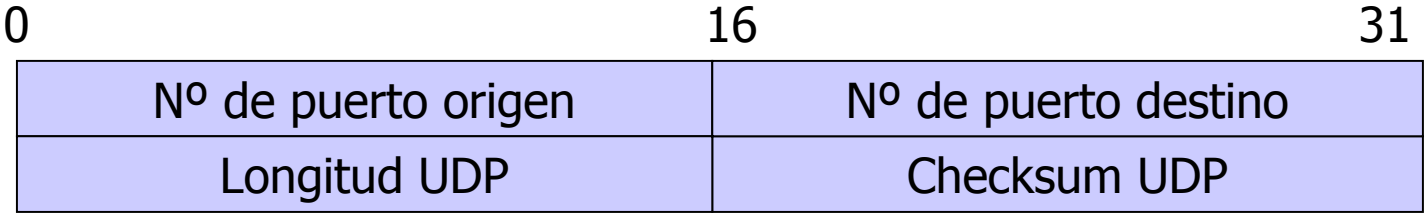
- User Datagram Protocol – Especificado en el RFC 768.
- UDP es un protocolo de nivel de transporte, orientado a datagramas, y simple → **Cada bloque de datos generado por la capa de aplicación produce un único datagrama UDP**.
- UDP no garantiza que el datagrama alcance su destino.
- UDP multiplexa los datos de las aplicaciones y efectúa una comprobación de errores, pero no realiza:
  - Control de flujo
  - Control de congestión
  - Retransmisión de datos perdidos
  - Conexión/desconexión



UDP

- Se utiliza principalmente en los siguientes casos:
  - Cuando el medio de transmisión es altamente fiable y sin congestion (LANs). Por ejemplo: DNS, NFS.
  - Cuando la aplicación es en tiempo real y no se pueden esperar los ACKs. Por ejemplo, videoconferencia, voz sobre IP.
  - Cuando los mensajes se producen regularmente y no importa si se pierde alguno. Por ejemplo: NTP, SNMP.
  - Si se envía tráfico broadcast o multicast.

Cabecera UDP



- Los números de puerto identifican los procesos emisor y receptor.
  - Los números de puerto UDP son independientes de los de TCP.
- Longitud UDP = longitud de la cabecera UDP + longitud de datos.
  - El valor mínimo es de 8 bytes.
  - Es redundante con la información de la cabecera IP.
- Checksum: se calcula sobre la cabecera UDP y los datos UDP.
  - Antes era opcional. Ahora es obligatorio por defecto (RFC 1122).

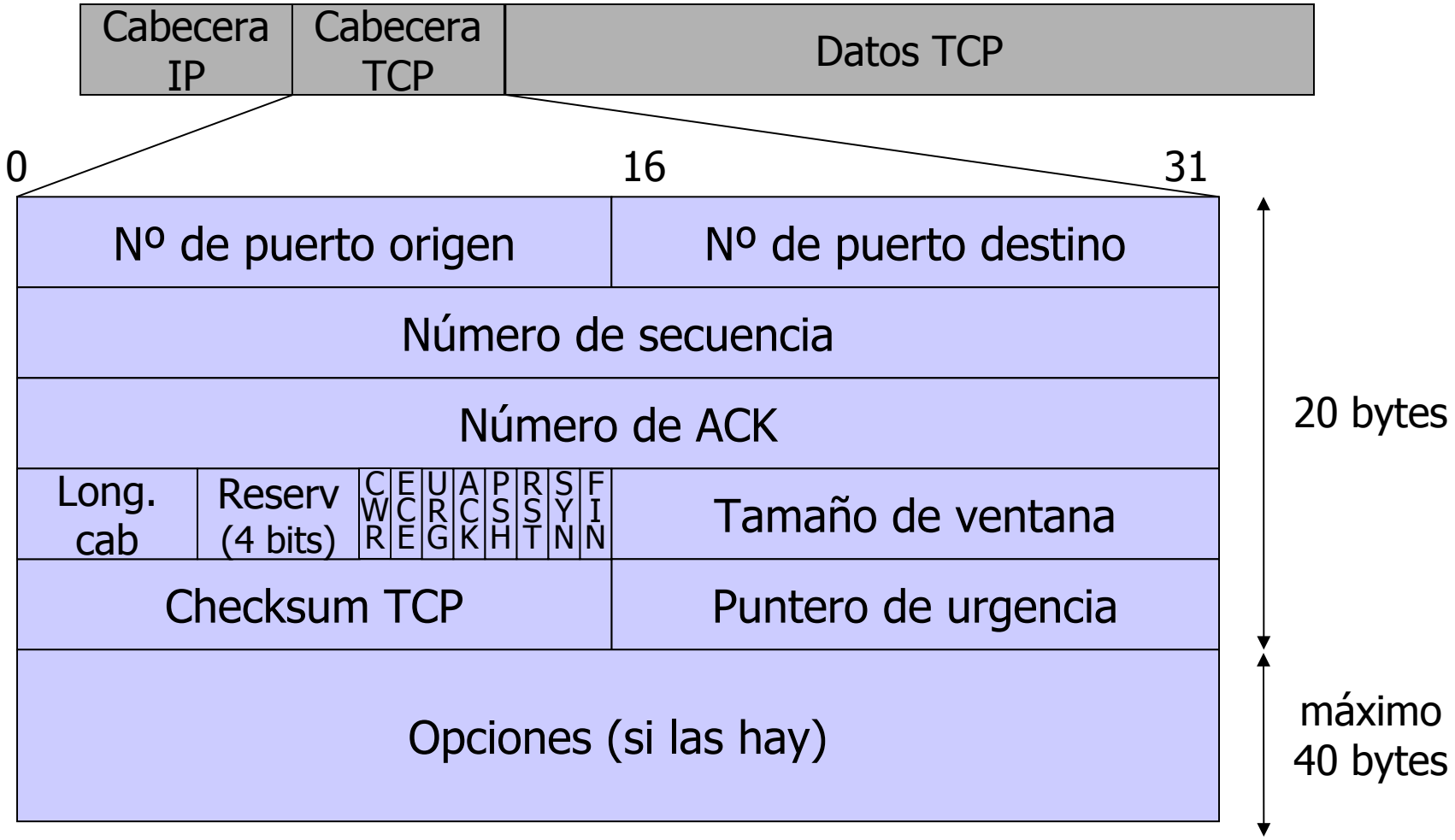
TCP

- Transmission Control Protocol – Especificado en los RFC 793, 1122, 1323, 2018 y 2581.
- TCP proporciona un servicio de envío de datagramas fiable y orientado a conexión:
  - Orientado a conexión: dos aplicaciones (cliente-servidor) deben establecer una conexión TCP entre ellos antes de comenzar el intercambio de datos.
  - Fiable: los datos se reciben correctamente y en orden.
  - Broadcasting y multicasting no son aplicables.
- Los paquetes TCP se denominan **segmentos**.
- TCP es full-duplex: la comunicación es bidireccional y simultánea.
- Funciones de TCP:
  - Establecer y terminar conexiones.
  - Gestionar los buffers y ejercer control de flujo de forma eficiente.
  - Multiplexar el nivel de aplicación (puertos) e intercambiar datos con las aplicaciones.
  - Controlar errores, retransmitir segmentos perdidos o erróneos y eliminar duplicados.
  - Efectuar control de congestión

TCP

- Para implementar la fiabilidad TCP implementa lo siguiente:
  - Divide datos de la aplicación en segmentos con la longitud más adecuada para la aplicación.
  - Asocia un temporizador con los segmentos que envía. Si no recibe el ACK del destino a tiempo → retransmite el segmento.
  - Mantiene un checksum en la cabecera TCP para comprobar el segmento recibido. No se envía ACK si el segmento es incorrecto.
  - El receptor TCP reordena los segmentos, si es necesario, para pasarlos ordenados a la aplicación (los segmentos se pueden desordenar en la transmisión).
  - Descarta segmentos que se hayan podido duplicar.
  - Proporciona control de flujo: un receptor TCP sólo deja transmitir al otro extremo segmentos que pueden almacenarse en su buffer de entrada, sin producirse desbordamientos.

Cabecera TCP



Cabecera TCP

- **Nº de puerto origen y destino** + dir. IP origen y destino de cabecera IP identifican unívocamente la conexión TCP.
- **Número de secuencia**: identifica el nº de byte en el flujo de bytes TCP entre el emisor y el receptor que supone el primer byte de la sección de datos:
  - Cuando se llega a 2^{32} -1 se comienza de nuevo por 0.
  - Cuando se establece una conexión, se pone a 1 el flag SYN, y la máquina selecciona un ISN (Initial Sequence Number) para esa conexión.
- **Número de ACK** (acknowledgment): indica el siguiente número de secuencia que el emisor del ACK espera recibir.
  - Es el nº de secuencia + 1 del último byte recibido satisfactoriamente.
  - TCP proporciona una comunicación "full-duplex" al nivel de aplicación → Cada extremo mantiene su nº de secuencia.
  - No existen ACK's negativos, pero sí selectivos (SACK – opción de TCP).
- **Longitud de cabecera** (4 bits): tamaño de la cabecera incluyendo opciones.
  - Especifica el número de palabras de 32 bits
  - Valor máximo 60 bytes (15x4)

Cabecera TCP

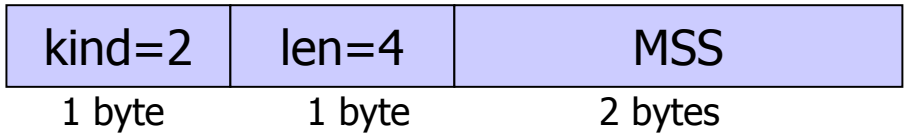
- **Flags**:
  - CWR (Congestion Window Reduced): el emisor reduce su velocidad de transmisión.
  - ECE (ECN Echo): el emisor confirma la recepción de un paquete con el flag ECN (Explicit Congestion Notification – Cabecera IP) activado.
  - URG: puntero de urgencia válido (poco usado).
  - ACK: número de ACK válido. Siempre activado una vez establecida la conexión.
  - PSH: el receptor debe pasar estos datos a la aplicación lo antes posible (implementación poco fiable y poco usada).
  - RST: reinicializar la conexión (reset).
  - SYN: sincronizar números de secuencia para iniciar una conexión.
  - FIN: el emisor finaliza el envío de datos.

Cabecera TCP

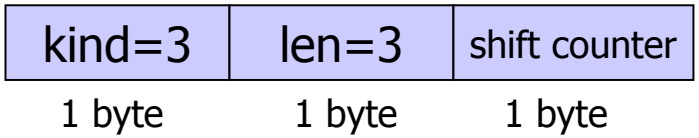
- **Tamaño de ventana**: indica el nº de bytes, comenzando por el valor del campo de nº de acknowledge, que el receptor puede aceptar.
  - Utilizado para establecer control de flujo.
  - Máximo 65.535, pero existe una opción de factor de escala para incrementar este valor.
- **Checksum**: sobre todo el segmento TCP (cabecera + datos).
  - Es obligatorio: debe calcularlo el emisor y comprobarlo el receptor.
  - El cálculo es similar al checksum de UDP.
- **Puntero de urgencia**: válido si el flag URG es 1.
  - Indica un offset a añadir al nº de secuencia.
  - Se utiliza para transmitir datos urgentes.
- **Opciones**: la más común es la opción de máximo tamaño de segmento (Maximum Segment Size).
- **Datos**: información enviada (opcional)

Cabecera TCP: Opciones

- Maximum Segment Size (RFC 793): tamaño máximo de datos que puede enviar un extremo de la conexión.



- Window Scale Factor (RFC 1323): permite ampliar el tamaño del buffer hasta casi 1 GB.
  - Cuenta desplazamientos (máx. 14).



  - Se puede desactivar con:
    echo 0 /proc/sys/net/ipv4/tcp_window_scaling

Conexiones TCP: Establecimiento

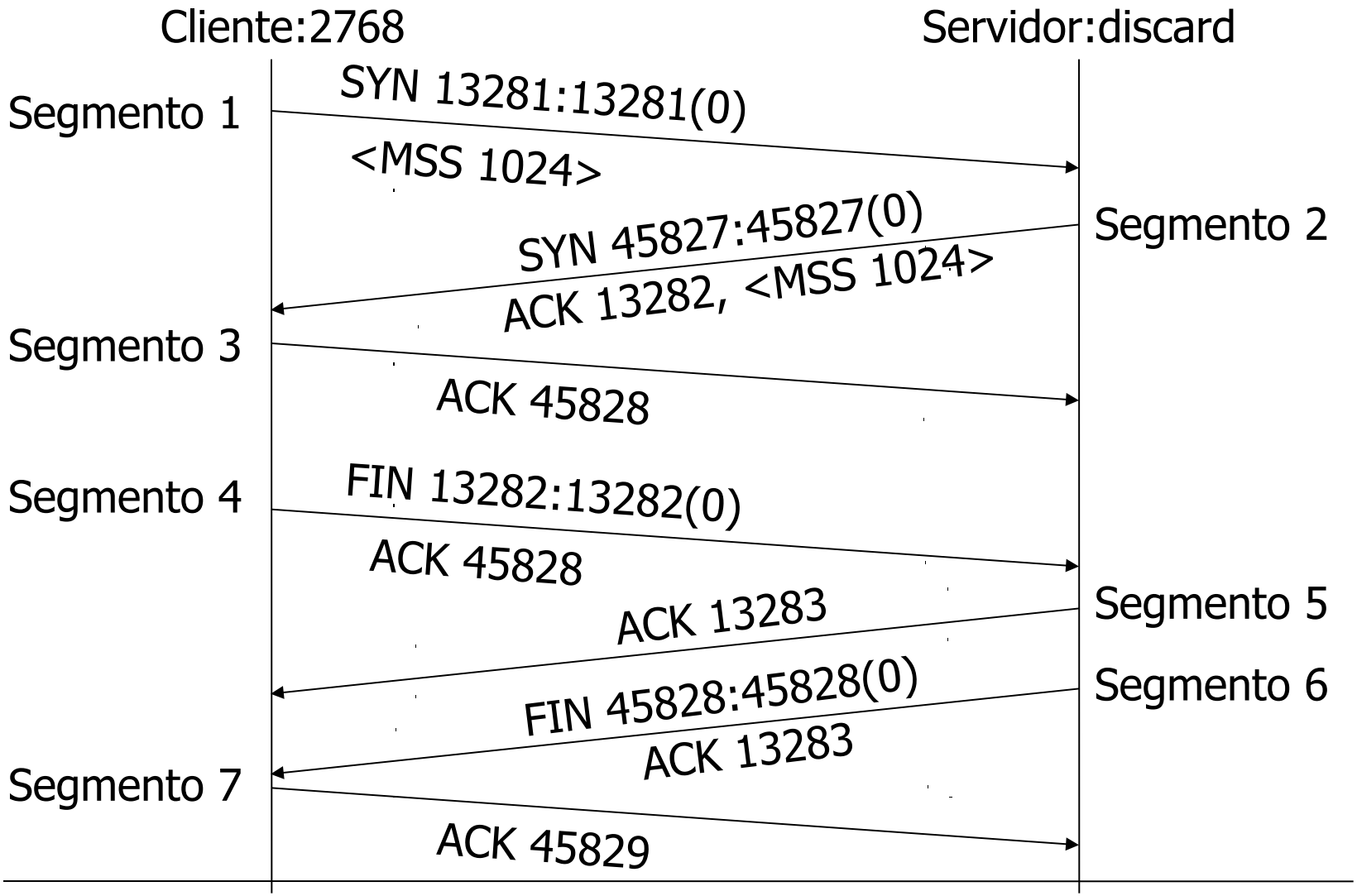
- Las conexiones las inicia, normalmente, el cliente (**apertura activa**) → El servidor hace una **apertura pasiva**.
- Protocolo de establecimiento de conexión (**Three-Way Handshake**):
  - El emisor (cliente) envía un segmento SYN indicando el nº de secuencia inicial (segmento 1).
  - El servidor responde con su propio segmento SYN que contiene el nº de secuencia inicial del servidor (segmento 2). También confirma (ACK) el SYN del cliente + 1 (los mensajes SYN consumen un nº de secuencia).
  - El cliente confirma el SYN del servidor con un nº de ack igual al ISN del servidor +1 (segmento 3).
  - **Número de secuencia inicial** (**ISN**):
  - Cada extremo selecciona su ISN al establecerse la conexión.
  - Se obtiene (pseudo)aleatoriamente.
  - Objetivo: evitar que segmentos “antiguos” (de otra conexión igual) se confundan con los actuales → Reencarnación.

Conexiones TCP: Finalización

- Se intercambian 4 segmentos para cerrar una conexión.
  - Una conexión TCP es full-duplex y cada dirección se cierra independientemente.
  - Cada extremo envía un FIN cuando ha finalizado el envío de datos → El otro extremo puede continuar enviando datos (half-close).
- El extremo que envía el primer FIN realiza el cierre activo, y el otro extremo el cierre pasivo.
  - Cualquiera de los dos extremos puede iniciar el cierre.
- Protocolo de finalización de conexión:
  - El cliente finaliza la aplicación → El cliente TCP envía un FIN (segmento 4) con el número de secuencia correspondiente (cierre del flujo de datos cliente a servidor).
  - El servidor responde con un ACK (segmento 5) del nº de secuencia + 1 (los mensajes FIN consumen un nº de secuencia).
  - A continuación, el servidor envía un FIN (segmento 6).
  - El cliente confirma la recepción del FIN, con un ACK del nº de secuencia recibido + 1 (segmento 7).

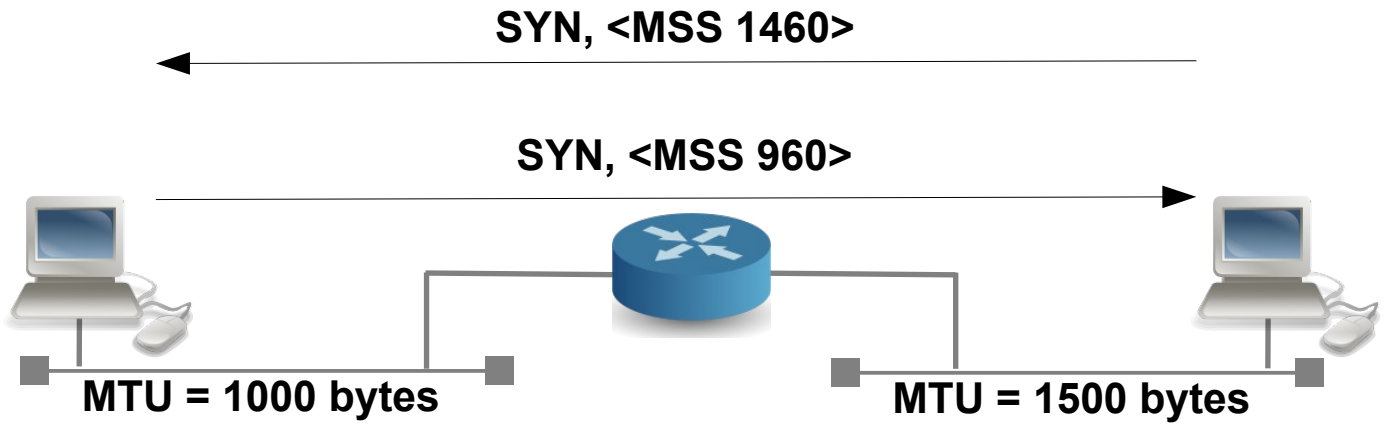
¿Qué segmento puedo eliminar de la finalización sin que afecte?

Conexiones TCP

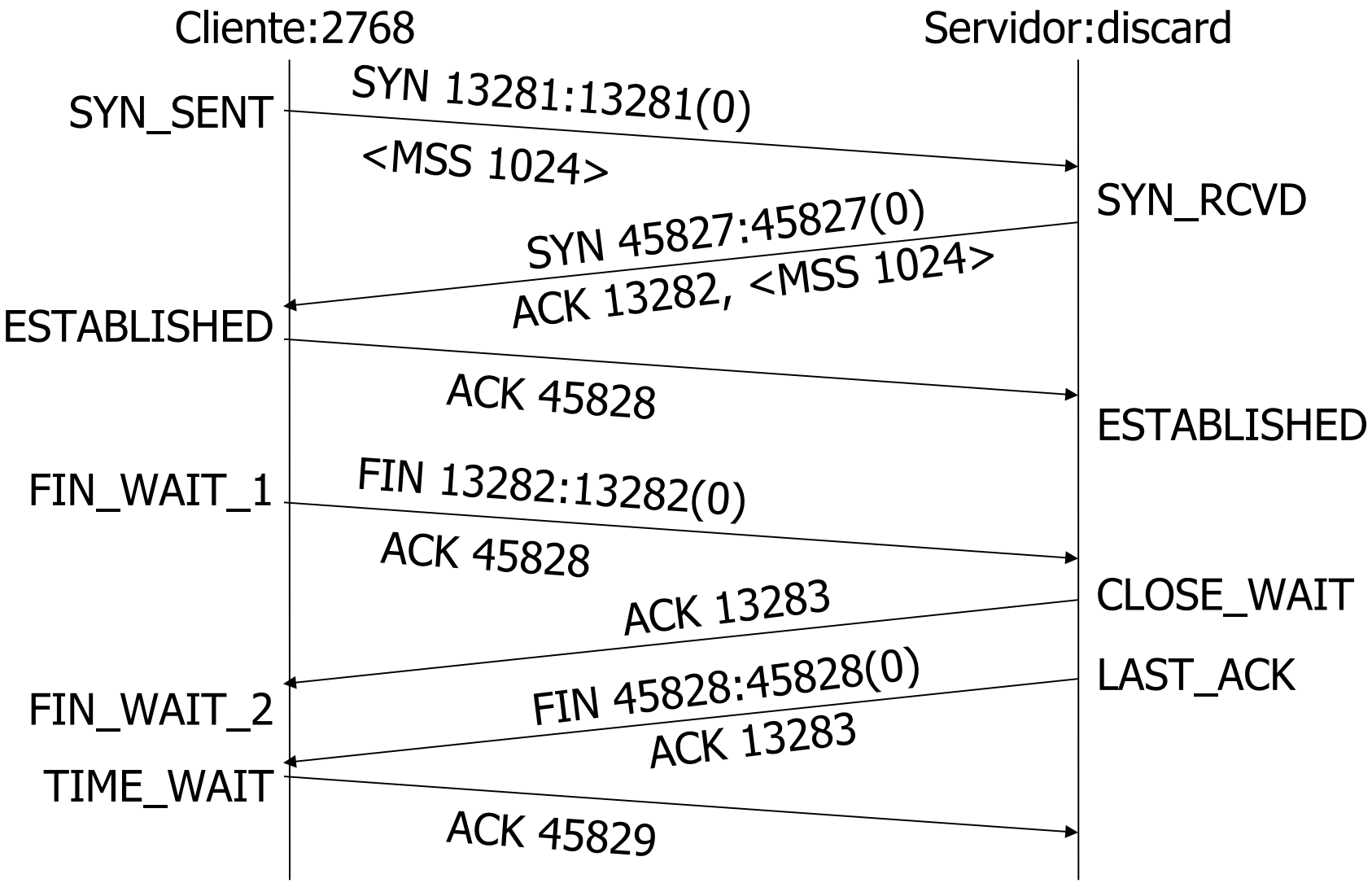


Conexiones TCP: MSS

- **Maximum Transmission Unit (MTU)**: número máximo de bytes de datos que puede enviar el nivel de enlace.
- **Maximum Segment Size (MSS)**: indica el número máximo de bytes de datos que le conviene recibir a cada extremo (para evitar la fragmentación IP).
- Cuando se establece una conexión TCP, cada extremo anuncia el MSS que espera recibir:
  - La opción MSS sólo aparece en un segmento SYN.
  - Si no se declara, toma un valor por defecto (/proc/sys/net/ipv4/tcp_base_mss).
  - MSS no incluye las longitudes de cabecera IP y TCP (MSS = MTU – 20 – 20).
- En general es preferible un MSS grande que amortice el coste de cabeceras. Pero también interesa evitar la fragmentación.
- No se realiza una negociación del MSS, el tamaño de segmento será el menor de los dos.



Conexiones TCP: Estados



Conexiones TCP: Estados

- Estado **TIME_WAIT**:
  - TCP espera 2 veces el tiempo máximo de vida de un paquete en la red (Maximum Segment Lifetime – MSL), por si se ha perdido el último ACK.
  - Variable /proc/sys/net/ipv4/tcp_fin_timeout (segundos)
  - Permite a TCP reenviar el ACK en caso de que se haya perdido (el otro extremo reenviará el FIN).
  - Mientras la conexión está en este estado, no se pueden reutilizar el par de sockets de esa conexión → Cualquier segmento retrasado recibido es descartado → Garantiza que no aparecen reencarnaciones de segmentos en futuras conexiones.

- Estado **FIN_WAIT_2**:
  - Permanecerá en este estado hasta recibir el FIN del otro extremo.
  - El otro extremo está en el estado CLOSE_WAIT y debe esperar a que se cierre la aplicación.
  - Para evitar una espera infinita, las implementaciones establecen un tiempo de espera (misma variable que antes), tras el cual pasa directamente al estado CLOSED.

TCP: Segmentos de Reset

- Un segmento es de Reset cuando se activa en la cabecera TCP el flag RST.
- Se activa el bit de Reset en una conexión TCP cuando el paquete que ha llegado no parece, en principio, estar relacionado con la conexión a la que está referido el paquete.
- Las causas de generar un paquete con este bit para una conexión TCP pueden ser varias. Por ejemplo:
  - Intento de conexión a un puerto no existente
  - Respuesta ante conexiones semi-abiertas

TCP: Segmentos de Reset

- Intento de conexión a un puerto no existente
- Respuesta ante conexiones semi-abiertas